

⑯ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑯ Offenlegungsschrift  
⑯ DE 39 14 294 A 1

⑯ Aktenzeichen: P 39 14 294.9  
⑯ Anmeldetag: 29. 4. 89  
⑯ Offenlegungstag: 31. 10. 90

⑯ Int. Cl. 5:  
B 01 J 23/89

C 04 B 41/88  
C 10 K 3/04  
A 62 B 29/00  
// B01J 23/52,37/02,  
37/08,B01D 53/36

DE 39 14 294 A 1

⑯ Anmelder:

Gutec Gesellschaft zur Entwicklung von  
Umweltschutztechnologie mbH, 3000 Hannover, DE

⑯ Erfinder:

Falke, Holger, Dipl.-Chem. Dr.rer.nat.; Strauss,  
Günther, 3000 Hannover, DE

⑯ Trägerkatalysatoren zur Oxidation von Kohlenmonoxid

Beschrieben werden Trägerkatalysatoren zur Oxidation  
von Kohlenmonoxid bei Temperaturen unterhalb von etwa  
50° C, Verfahren zu ihrer Herstellung und ihre Verwendung.

DE 39 14 294 A 1

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von Gold oder ein Gemisch von Gold und Eisenoxid enthaltenden Trägerkatalysatoren zur Oxidation von Kohlenmonoxid unterhalb von etwa 50°C, nach dem Verfahren erhältliche Trägerkatalysatoren und ihre Verwendung.

Kohlenmonoxid (CO) ist ein Gas, das bei vielen industriellen Prozessen, z. B. bei der Carbonylierung von Kohlenwasserstoffen zur Herstellung von Aldehyden, eingesetzt wird. Es entsteht ferner bei chemischen Prozessen, insbesondere als Produkt der unvollständigen Verbrennung, beispielsweise in Feuerungsanlagen oder Verbrennungsmotoren. Es kann ferner in der Raumluft von industriellen Anlagen oder in Anlagenteilen vorkommen, in welchen mit CO gearbeitet wird, ferner auch in Kohlebergwerken. Aufgrund der hohen Giftigkeit dieses farblosen geruchlosen Gases ist es wünschenswert und bei entsprechend hoher Konzentration an CO auch notwendig, den Gehalt an CO in der Luft, insbesondere der Atemluft, möglichst zu reduzieren. Hierzu ist die katalysierte Oxidation, beispielsweise mit Luftsauerstoff, besonders gut geeignet. Seit langem sind daher umfangreiche Anstrengungen zur Entwicklung von Katalysatoren unternommen worden, die bei der Oxidation von CO verwendbar sind.

So wurden Katalysatoren zur Oxidation von CO entwickelt, die ihre katalytische Aktivität allerdings erst bei hohen Temperaturen, beispielsweise bei oder oberhalb von 300°C entfalten und deshalb besonders gut zur Anwendung für CO-haltige heiße Verbrennungsgase geeignet sind. Die Entfaltung der katalytischen Aktivität erst bei derartig hohen Temperaturen ist bei dieser Art der Anwendung kein Nachteil, da Verbrennungsgase im allgemeinen bei derartig hohen Temperaturen ansfallen. Auch eine mögliche Kontamination der Katalysatoren durch kondensierenden Wasserdampf besteht naturnäher nicht. Für die CO-Oxidation bei Temperaturen unter 50°C sind derartige Katalysatoren jedoch nicht verwendbar.

Für Katalysatoren, die die Oxidation von CO bei Temperaturen unterhalb etwa 50°C katalysieren sollen, beispielsweise in (üblicherweise wasserdampfhaltiger) Luft, und die ihre Verwendung beispielsweise in Rettungsgeräten für Bergleute o. ä. finden sollen, ist es von entscheidender Wichtigkeit, daß sie einerseits im Bereich von etwa -10°C bis etwa 50°C katalytisch aktiv sein müssen. Vorteilhafterweise sollten sie auch in Anwesenheit von Feuchtigkeit noch wirksam sein. Weitere wünschenswerte Eigenschaften sind die möglichst ökonomische Ausnutzung der im allgemeinen sehr teuren katalytisch wirksamen Bestandteile, beispielsweise Edelmetalle, sowie eine gute Handhabbarkeit.

Es sind zwar Katalysatoren bekannt, die die Oxidation von CO bereits bei Temperaturen unterhalb 50°C katalysieren können. Besonders hervorgehoben werden muß Hopcalit, ein Gemisch aus Mangandioxid, Kupferoxid, sowie gewünschten weiteren Metalloxiden, z. B. Kobaltoxid und Silberoxid. Hopcalit besitzt jedoch den entscheidenden Nachteil, daß es durch Wasserdampf, der in der Luft stets vorhanden ist, sehr schnell deaktiviert ist. Um Hopcalit für die Oxidation von CO in feuchter Luft, beispielsweise in Rettungsgeräten, verwenden zu können, ist die Kombination mit einem Trocknungsmittel notwendig, das aber naturnäher ebenfalls nur begrenzte Kapazität bei der Wasserabtrennung besitzt.

Außer Hopcalit, das ganz oder überwiegend aus katalytisch aktiven Nichtedelmetallen besteht, sind auch Edelmetalle auf ihre katalytische Aktivität hinsichtlich der Oxidation von Kohlenoxid in feuchter Luft bei Umgebungstemperatur untersucht worden.

Die Autoren M. Haruta, T. Kobayashi, H. Sano und N. Yamada geben in einer Veröffentlichung in Chemistry Letters 1987, Seiten 405 bis 408 katalytisch wirksame Vollkatalysatoren aus Gold und einem Übergangsmetalloxid, insbesondere  $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, an, welche für die katalytische Oxidation von CO auch bei Umgebungstemperatur in feuchter Luft verwendbar sind. Die bevorzugten Katalysatoren bestehen aus 5 Atom-% Gold und 95 Atom-% Eisen in Form von  $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, das heißt, aus etwa 11,5 Gew.-% Gold und 88,5 Gew.-%  $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Um wirksam zu sein, müssen diese Katalysatoren nicht nur diese spezielle Zusammensetzung aufweisen. Sie müssen auch auf spezielle Weise, nämlich durch gemeinsames Fällen der Bestandteile hergestellt worden sein. Trägerkatalysatoren erwiesen sich als unwirksam bei der CO-Oxidation bei Temperaturen unterhalb von etwa 50°C. Daraus mußte der Fachmann den Schluß ziehen, daß Trägerkatalysatoren für diesen Verwendungszweck nicht geeignet sind.

Aufgabe der Erfindung war es, Trägerkatalysatoren, verwendbar bei der Oxidation von CO bei Temperaturen unterhalb von etwa 50°C, die die Nachteile der aus dem Stand der Technik bekannten Katalysatoren überwinden, sowie Verfahren zu ihrer Herstellung und Anwendung anzugeben.

Diese Aufgabe wird durch das erfindungsgemäße Verfahren, die nach diesen Verfahren erhältlichen Trägerkatalysatoren und ihre Anwendung gelöst.

Das erfindungsgemäße Verfahren zur Herstellung von Trägerkatalysatoren zur Oxidation von CO bei Temperaturen unterhalb von etwa 50°C ist dadurch gekennzeichnet, daß man ein Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> enthaltendes, poröses keramisches Trägermaterial

- 40 a) mit einer Lösung einer Goldverbindung tränkt oder mit der Suspension einer Goldverbindung beschichtet und anschließend gewünschtenfalls trocknet und
- b) das eine Goldverbindung enthaltende Trägermaterial bei einer Temperatur von mindestens 200°C calciniert,

mit der Maßgabe, daß man das Gold in einer Menge auf das Material aufbringt, daß der Gehalt an Gold, bezogen auf das Gesamtgewicht des fertigen Trägerkatalysators, zwischen etwa 0,01 Gew.-% und etwa 15 Gew.-%, vorzugsweise zwischen etwa 0,05 und 4 Gew.-% insbesondere zwischen etwa 0,1 und 1 Gew.-% beträgt.

Unter "porösem" keramischen Material wird im Rahmen der vorliegenden Erfindung solches Material verstanden, das eine spezifische Oberfläche von etwa 10 bis etwa 300 m<sup>2</sup>/g besitzt.

Als poröses keramisches Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> enthaltendes Trägermaterial verwendet man beispielsweise solche Materialien, in denen Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> im Gemisch mit anderen, als keramisches Trägermaterial bekannten Materialien, insbesondere Oxiden 3- oder 4wertiger Metalle vorliegt. Hierzu zählen beispielsweise Aluminiumoxide, insbesondere  $\gamma$ -Aluminiumoxid, Siliziumdioxid und Alumosilikate, Trägermaterialien mit einem Gehalt an Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> und anderen Metalloxiden lassen sich durch übliche zur Herstellung derartiger Mischoxid-Träger an sich be-

kannte Verfahren leicht herstellen.

Eine Möglichkeit zur Herstellung der  $Fe_2O_3$  enthaltenden Trägermaterialien besteht beispielsweise darin, einen käuflichen,  $Fe_2O_3$ -freien Träger, z. B.  $\gamma$ -Aluminumoxid,  $SiO_2$  oder Alumosilikat, mit der Lösung eines Eisensalzes, z. B. einer wäßrigen Lösung von Eisenchlorid oder vorzugsweise Eisennitrat, zu tränken und den Träger bei Temperaturen oberhalb  $250^\circ C$  zu glühen, vorzugsweise bei Temperaturen zwischen 300 und etwa  $500^\circ C$ .

Bevorzugt verwendet man im Rahmen der vorliegenden Erfindung Trägermaterial, das im wesentlichen, abgesehen von herstellungsbedingten, unvermeidbaren Verunreinigungen, aus  $Fe_2O_3$  besteht.

Die Form, in welcher das  $Fe_2O_3$ -enthaltende oder aus  $Fe_2O_3$  bestehende Trägermaterial vorliegt, ist für die Anwendung im Rahmen der vorliegenden Erfindung im wesentlichen nicht kritisch. Es können die dem Fachmann bekannten Trägerformen verwendet werden, beispielsweise Perlen, geschnittene oder gebrochene Strangpreßlinge oder Monolithräger, z. B. Wabenkörper mit üblichen Kanaldurchmessern, beispielsweise 0,5 bis 5 mm. Zu beachten ist jedoch, daß Trägermaterialien, deren Teilchengröße kleiner als etwa 0,5 mm ist, schlecht handhabbar sind.

Das  $Fe_2O_3$  enthaltende oder aus  $Fe_2O_3$  bestehende poröse keramische Trägermaterial tränkt man gemäß Stufe a) mit einer Lösung einer Goldverbindung oder beschichtet es mit der Suspension einer Goldverbindung. Hierbei ist es bevorzugt, das Trägermaterial mit einer Lösung einer Goldverbindung zu tränken.

Als Lösung einer Goldverbindung können Lösungen von Goldverbindungen in organischen Lösemitteln, z. B. Ethern, wie Diethylether oder Alkoholen z. B. Ethylalkohol, ggf. im Gemisch mit Wasser, verwendet werden. Vorzugsweise verwendet man rein wäßrige Lösungen von Goldverbindungen.

Als Goldverbindung können beispielsweise Salze verwendet werden, die Goldkationen enthalten, beispielsweise Goldhalogenide, insbesondere Goldtrichlorid. Verwendet werden können auch Salze mit komplexierten Goldkationen, wobei als Komplexbildner beispielsweise Ammoniak oder mit Niedrigalkylgruppen substituierte primäre, sekundäre oder tertiäre Amine in Frage kommen. Beispielsweise ist Gold(Diethylamin)-Trichlorid verwendbar.

Es können beispielsweise auch solche Goldverbindungen verwendet werden, die das Gold in Form komplexer Anionen enthalten. Verwendbar sind beispielsweise die gewünschtenfalls hydratisierten Goldsäuren, wie Halogenogoldsäuren, insbesondere Tetrachlorgoldsäure, ferner Cyanogoldsäure oder Nitratogoldsäure sowie die entsprechenden Alkalosalze, z. B. das Kaliumsalz.

Im Verfahren der vorliegenden Erfindung verwendet man als Goldverbindung bevorzugt Tetrachlorgoldsäure-Tetrahydrat.

Die Konzentration der Lösung der Goldverbindung, insbesondere der wäßrigen Lösung, ist nicht kritisch. Sie beträgt vorteilhafterweise zwischen etwa 10 g/l und 100 g/l Lösungsmittel.

In einer Variante beschichtet man das Trägermaterial mit der Suspension einer Goldverbindung. Hierzu kann man hochfein vermahlene Goldverbindungen aufschlämmen, beispielsweise in Wasser. Besonders geeignet sind nichtgealterte, d. h. frisch bereitete Suspensionen einer Goldverbindung. Gut geeignet sind Suspensionen von basischen Goldverbindungen wie Goldhydroxid. Diese Suspensionen kann man erzeugen — als

Goldverbindungen und Lösungsmittel kommen die vorstehend beschriebenen in Betracht — und mit einer Base kontaktiert. Als Base kommen beispielsweise basische Alkali- oder Ammoniumverbindungen, z. B.  $NH_3$ -Wasser, Natron- oder Kalilauge, Natrium-, Kalium- oder Ammoniumcarbonat oder -hydrogencarbonat, in Frage. Besonders geeignet sind Ammoniumverbindungen, insbesondere Ammoniumcarbonat. Die Base verwendet man vorteilhafterweise in Form einer Lösung, insbesondere in Form einer wäßrigen Lösung. Die Konzentration ist nicht kritisch und liegt vorteilhafterweise zwischen 10 g/l und 100 g/l.

In einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens tränkt man in Stufe a) das Trägermaterial zusätzlich mit einer Lösung einer Eisenverbindung oder beschichtet es mit einer Suspension einer Eisenverbindung. Das Tränken mit einer Lösung einer Eisenverbindung ist bevorzugt.

Als Lösung einer Eisenverbindung verwendet man vorteilhaft Lösungen von Eisen(III)-Salzen. Man kann Eisensalze mit den Anionen organischer Säuren, z. B. Ameisensäure, bevorzugt aber Salze mit den Anionen organischer Säuren einsetzen. Besonders geeignet sind Eisenhalogenide und -pseudohalogenide, insbesondere Eisenchlorid. Hervorragend geeignet ist Eisennitrat. Als Lösungsmittel können organische Lösungsmittel, z. B. Ether wie Diethylether verwendet werden. Es können auch Alkohole, z. B. Ethylalkohol, ggf. im Gemisch mit Wasser, verwendet werden. Als bevorzugtes Lösungsmittel wird Wasser verwendet. Die Konzentration des Eisensalzes beträgt vorteilhafterweise zwischen etwa 10 und 100 g/l Lösungsmittel.

Sofern man das Trägermaterial in einer Variante mit der Suspension einer Eisenverbindung beschichtet, kann man Aufschlämungen von fein pulverisierten Eisenverbindungen einsetzen. Bevorzugt werden nicht gealterte Suspensionen verwendet. Gut geeignet sind Suspensionen von basischen Eisenverbindungen, beispielsweise Eisenoxidhydrat, Eisenhydroxid. Diese Suspensionen können durch Kontaktieren von Eisensalzlösungen, z. B. Eisennitrat, mit Basen, insbesondere den vorstehend beschriebenen Basen wie Ammoniumcarbonat, erhalten werden.

Die Lösungen von Goldverbindung und Eisenverbindung bzw. die entsprechende Suspension können nacheinander, vorzugsweise in der Reihenfolge Eisenverbindung-Goldverbindung, oder gleichzeitig auf das Trägermaterial aufgebracht werden. Man kann auch eine der beiden Metallverbindungen als Lösung und die andere als Suspension aufbringen.

Vorteilhafterweise bringt man die beiden Komponenten gleichzeitig auf den Träger auf. Hierzu kann man beispielsweise das Trägermaterial mit einer durch gemeinsame Fällung erhaltenen Suspension einer Gold- und einer Eisenverbindung beschichten. Besonders bevorzugt ist es im erfindungsgemäßen Verfahren, ein Gemisch einer Goldverbindung mit einer Eisenverbindung auf dem Trägermaterial aufzubringen, wobei man das Material mit einer Lösung tränkt, die sowohl eine Eisenverbindung als auch eine Goldverbindung enthält.

Das Aufbringen der vorstehend beschriebenen Salzlösungen bzw. Suspensionen auf das Trägermaterial kann nach Methoden erfolgen, wie sie bei der Herstellung von Trägerkatalysatoren üblicherweise angewendet werden. Beispielsweise taucht man das Trägermaterial in die Salzlösung bzw. Suspension ein und tränkt bzw. beschichtet das Trägermaterial auf diese Weise. Vorzugsweise besprüht man das Trägermaterial mit den

## Salzlösungen oder Suspensionen.

Gewünschtenfalls kann das in Stufe a) gebildete eine Goldverbindung enthaltende Trägermaterial getrocknet werden, beispielsweise bei Temperaturen zwischen 50 und 150°C.

Das vorstehend beschriebene Aufbringen von Goldverbindungen bzw. Gold- und Eisenverbindungen oder Suspensionen kann, gegebenenfalls nach Trocknen, wiederholt werden, um sicherzustellen, daß im fertigen Trägerkatalysator das Gold in einer Menge von etwa 0,01 bis etwa 15 Gew.-%, vorzugsweise von 0,05 bis 4 Gew.-%, enthalten ist. Ob und ggf. wie oft das Aufbringen wiederholt werden muß, kann der Fachmann durch eine Analyse des fertigen Trägerkatalysators leicht ermitteln.

Nach dem Tränken oder Beschichten mit der oder den Salzlösungen bzw. Suspensionen kann, gewünschtenfalls nach einer wie vorstehend beschriebenen Trocknung, das Trägermaterial mit einer Base kontaktiert werden. Als Base kommen z. B. NH<sub>3</sub>-Wasser, Alkalilaugen, Alkali- oder Ammoniumhydrogencarbonat oder -carbonat in Frage. Sie liegen vorzugsweise in Form einer wäßrigen Lösung vor. Besonders geeignet ist eine wäßrige Lösung von Ammoniumcarbonat mit einer Konzentration von 10 g/l bis 100 g/l.

Es hat sich herausgestellt, daß dann, wenn mit einer Goldverbindung getränktes oder, nach einer bevorzugten Ausführungsform, mit einer Goldverbindung und mit einer Eisenverbindung getränktes Trägermaterial vorliegt, das Kontaktieren des getränkten Trägermaterials mit einer Base besonders vorteilhafte Ergebnisse liefert.

Eine ganz besonders bevorzugte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens sieht vor, ein aus Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> bestehendes Trägermaterial zu verwenden, ein Gemisch einer Goldverbindung und einer Eisenverbindung auf dem Trägermaterial aufzubringen, indem man das Trägermaterial mit einer, eine Goldverbindung und eine Eisenverbindung enthaltenden Lösung tränkt, das getränktes Trägermaterial zu trocknen und mit einer Base zu kontaktieren und bei mindestens 200°C zu calcinieren.

Ausgezeichnete Trägerkatalysatoren werden erhalten, wenn solche Mengen an Gold- und Eisenverbindungen eingesetzt werden, welche einem Atomverhältnis von Gold zu Eisen von etwa 1 : 999 bis etwa 1 : 4, vorzugsweise von 1 : 99 bis 1 : 9 entsprechen.

Die Temperatur, bei welcher man die Fällung der Suspension oder die Nachbehandlung der getränkten Trägerkatalysatorvorstufe durchführt, liegt zwischen 0°C und etwa 90°C, vorzugsweise zwischen 20°C und 80°C und besonders bevorzugt zwischen 20°C und 60°C.

Das nach einem der vorstehend beschriebenen Verfahren erhältliche, gewünschtenfalls getrocknete, Goldsalz enthaltende Trägermaterial wird nun zur Umwandlung in die erfindungsgemäßen Trägerkatalysatoren bei Temperaturen von mindestens 200°C calciniert. Dies kann in einer Atmosphäre aus inerten Gasen wie Stickstoff geschehen. Vorteilhaft erfolgt das Calcinieren in Luft. Das Calcinieren erfolgt über eine Zeitdauer von mehreren Stunden, beispielsweise über eine Dauer von 1 bis 24 Stunden. Erst durch dieses Calcinieren wird das Goldsalz- bzw. Gold- und Eisensalz-haltige Trägermaterial aktiviert und ist dann für die CO-Oxidation bei Temperaturen unterhalb von etwa 50°C verwendbar. Die Calcinierungstemperatur liegt vorzugsweise zwischen etwa 300°C und etwa 500°C.

Ein weiterer Gegenstand der Erfindung sind die nach den erfindungsgemäßen Verfahren erhältlichen Trägerkatalysatoren.

Die erfindungsgemäßen Trägerkatalysatoren, verwendbar zur CO-Oxidation bei Temperaturen unterhalb von etwa 50°C, dadurch gekennzeichnet, daß sie Gold oder ein Gemisch von Gold und Eisenoxid, aufgebracht auf einem porösen, keramischen, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> enthaltenden Trägermaterial, enthalten und durch Calcinieren bei Temperaturen von mindestens 200°C aktiviert vorliegen, mit der Maßgabe, daß der Gehalt an Gold, bezogen auf das Gesamtgewicht des Trägerkatalysators, zwischen etwa 0,01 und etwa 15 Gew.-%, vorzugsweise zwischen etwa 0,05 und etwa 4 Gew.-%, besonders bevorzugt zwischen etwa 0,1 und etwa 1 Gew.-% liegt.

Bevorzugte Trägerkatalysatoren im Rahmen der vorliegenden Erfindung sind solche, deren Trägermaterial im wesentlichen Verunreinigungen — aus Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> besteht.

Bevorzugt sind Trägerkatalysatoren, in denen ein aufgebrachtes Gemisch von Gold mit Eisenoxid vorliegt.

Besonders bevorzugt sind im Rahmen der vorliegenden Erfindung Trägerkatalysatoren, in welchen das Atomverhältnis von Gold zu Eisen im aufgebrachten Gemisch aus Gold und Eisenoxid zwischen etwa 1 : 999 bis 1 : 4, vorzugsweise zwischen etwa 1 : 99 bis 1 : 9 liegt.

Die erfindungsgemäßen Trägerkatalysatoren liegen in aktivierter Form vor. Diese Aktivierung wird durch Calcinieren bei Temperaturen von mindestens 200°C, vorzugsweise durch Calcinieren bei Temperaturen zwischen 300°C und 500°C, bewirkt.

Überraschenderweise erwiesen sich die erfindungsgemäßen Trägerkatalysatoren als verwendbar für die CO-Oxidation bei Temperaturen unterhalb von etwa 50°C. Sie sind katalytisch aktiv auch bei der Anwesenheit von Feuchtigkeit (Wasserdampf). Das CO kann in verhältnismäßig geringer Konzentration, beispielsweise in einer Konzentration von etwa 5 ppm bis etwa 100 ppm, aber auch in höheren Konzentrationen, bis hin zu 10 Vol.-% und mehr, in Gasgemischen enthalten sein. Die erfindungsgemäßen Trägerkatalysatoren sind daher besonders gut geeignet zur CO-Oxidation in ggf. Feuchtigkeit enthaltender Luft bei Temperaturen unterhalb etwa 50°C. Ihren Anwendungsbereich finden sie beispielsweise in der Klimatechnik und in sogenannten Selbststrettern, wie sie beispielsweise in Bergwerken und bei Rettungsdiensten (Feuerwehr) verwendet werden.

Ein weiterer Gegenstand der Erfindung ist daher ein Verfahren zur CO-Oxidation bei Temperaturen unterhalb von etwa 50°C, in welchem man ein CO und Sauerstoff enthaltendes Gas über einen nach einem der vorstehend beschriebenen Herstellverfahren erhältlichen Trägerkatalysator leitet.

Der Gehalt an CO kann zwischen 5 ppm und 10 Vol.-% liegen. Der Sauerstoffgehalt sollte zweckmäßigerverweise mindestens der zur völligen Oxidation notwendigen Menge entsprechen.

Bevorzugt ist ein Verfahren, in welchem man CO enthaltende Luft über einen nach einem der vorstehend beschriebenen Herstellverfahren erhältlichen Trägerkatalysator leitet. Hierbei kann es sich um trockene Luft handeln.

Vorteilhafterweise leitet man im erfindungsgemäßen Verfahren zur CO-Oxidation feuchte, wasserhaltige Luft über den Katalysator. Die Luft kann Wasserdampf in kleinen Mengen bis hin zur Sättigung, beispielsweise zwischen etwa 0,1% und 80% relativer Feuchte, enthalten.

Vorteil der erfindungsgemäßen, überraschend bei tiefen Temperaturen auch in Anwesenheit von Feuchtigkeit wirksamen Trägerkatalysatoren ist beispielsweise ihre gute Handhabbarkeit sowie die besonders ökonomische Ausnutzung des verwendeten Edelmetalls Gold, ferner die einfache Art der Herstellung.

Die folgenden Beispiele sollen die Erfindung weiter erläutern, ohne sie in ihrem Umfang einzuschränken.

### Beispiel 1

Herstellung eines, ein Gemisch von Gold und Eisenoxid enthaltenden Trägerkatalysators unter Verwendung eines  $Fe_2O_3$ -enthaltenden Trägermaterials.

#### 1.1 Herstellung des Trägermaterials

Zur Herstellung eines  $Fe_2O_3$ -enthaltenden porösen keramischen Trägermaterials wurde ein  $\gamma$ - $Al_2O_3$ -Träger in Strangpreßling-Form, mit einem Durchmesser von 2 mm, und einer spezifischen Oberfläche von  $120 \text{ m}^2/\text{g}$  verwendet, welcher durch Extrudieren von  $\gamma$ - $Al_2O_3$ -Pulver, mit Wasser vermischt, Trocknen und Brechen des Extrudates erhalten wurde. Die gebrochenen Preßlinge besaßen eine Länge von etwa 2 bis 6 mm.

Etwa 38,5 g dieses Trägermaterials wurden in eine wäßrige Lösung getaut, zu deren Herstellung destilliertes Wasser verwendet wurde und die Eisennitrat in einer Konzentration von 50 g/l enthielt. Das Trägermaterial wurde etwa 2 Stunden in dieser wäßrigen Lösung belassen. Das getränkete Material wurde anschließend aus der Lösung abgesiebt, bei  $120^\circ\text{C}$  getrocknet und 2 Stunden bei  $400^\circ\text{C}$  geäugt. Erhalten wurden 40 g eines  $Fe_2O_3$ -enthaltenden  $\gamma$ - $Al_2O_3$ -Träger.

#### 1.2 Herstellen des Trägerkatalysators (ohne Nachbehandeln mit einer Base)

Etwa 40 g des im Beispiel 1.1 hergestellten,  $Fe_2O_3$ -enthaltenden Trägermaterials wurden mit einer wäßrigen Lösung, welche 30 g/l Tetrachlorogoldsäure-Tetrahydrat und etwa 390 g/l Eisennitrat-Nonahydrat enthielt, imprägniert. Das Trägermaterial wurde dann bei  $120^\circ\text{C}$  getrocknet. Es enthielt ein auf dem Trägermaterial aufgebrachtes Gemisch von Goldsalz und Eisensalz.

Das erhaltene getränkete Trägermaterial wurde 5 h bei  $400^\circ\text{C}$  in Luftatmosphäre durch Calcinieren aktiviert. Der auf diese Weise erhaltene fertige Trägerkatalysator enthielt Gold in einer Menge von 0,25 Gew.-%.

### Beispiel 2

Herstellung eines Gold und Eisenoxid enthaltenden Trägerkatalysators unter Verwendung von  $Fe_2O_3$  enthaltenden porösen keramischen Trägermaterial und Nachbehandeln mit einer Base.

40 g eines gemäß Beispiel 1.1 hergestellten Trägermaterials wurde mit einer wäßrigen Lösung, welche 30 g/l Tetrachlorogoldsäure-Tetrahydrat und 390 g/l Eisennitrat-Nonahydrat enthielt, imprägniert. Das Trägermaterial wurde dann bei  $120^\circ\text{C}$  getrocknet. Anschließend wurde das Material in eine wäßrige Lösung von Ammoniumcarbonat (Konzentration: 290 g/l) gegeben und nach 5 Minuten abgesiebt und getrocknet.

Das erhaltene getränkete und nachbehandelte Trägermaterial wurde 5 h bei  $400^\circ\text{C}$  in Luftatmosphäre durch Calcinieren aktiviert. Der Goldgehalt des auf diese Wei-

se erhaltenen Trägerkatalysators betrug etwa 0,25 Gew.-%.

### Beispiel 3

5 Herstellung eines Gold und Eisenoxid enthaltenden Trägerkatalysators unter Verwendung von aus  $Fe_2O_3$  bestehenden porösem keramischen Material (Hämatit).

45 g eines aus Hämatit ( $\alpha$ - $Fe_2O_3$ ) bestehenden Trägermaterials in Grießform, Partikeldurchmesser: 0,5 bis 3 mm (Handelsprodukt der Firma Giulini, Ludwigshafen), wurden mit einer wäßrigen Lösung imprägniert, welche 30 g/l Tetrachlorogoldsäure-Tetrahydrat und 390 g/l Eisennitrat-Nonahydrat enthielt. Der imprägnierte Träger wurde bei  $120^\circ\text{C}$  getrocknet und in eine wäßrige Lösung von Ammoniumcarbonat (Konzentration etwa 290 g/l) getaut. Nach 5 Minuten wurde das Material aus der Lösung abgesiebt, bei  $120^\circ\text{C}$  getrocknet und 5 h bei  $400^\circ\text{C}$  durch Calcinieren in Luftatmosphäre aktiviert. Der Goldgehalt des auf diese Weise erhaltenen Trägerkatalysators betrug etwa 0,22 Gew.-%.

### Beispiel 4

25 Anwendung der in den Beispielen 1 bis 3 hergestellten Trägerkatalysatoren zur CO-Oxidation.

#### Beispiel 4.1

30 Als Reaktor wurde ein Rohrreaktor mit Innendurchmesser von etwa 2 cm verwendet. In diesen Reaktor wurden 10 g des nach Beispiel 1 erhaltenen Trägerkatalysators eingegeben. Über die auf diese Weise erhaltene 35 Katalysatorschüttung wurde Luft mit einer relativen Luftfeuchtigkeit von 90% und einem CO-Gehalt von etwa 50 ppm geleitet. Die Temperatur von Katalysatorschüttung, Rohrreaktor und Gas lag bei Umgebungs-temperatur, d. h.  $22^\circ\text{C}$ . Die zu reinigende Luft wurde in 40 einem Volumenstrom von 5 l/h über den Katalysator geleitet. Nach dem Passieren der Katalysatorschüttung betrug die Konzentration von CO in der Luft nur noch etwa 19 ppm, d. h. nur noch 38% des Ausgangswertes.

#### Beispiel 4.2

45 Es wurden 10 g des in Beispiel 2 hergestellten Trägerkatalysators in dem oben beschriebenen Rohrreaktor verwendet. Die Durchführung dieses Versuches erfolgte 50 unter an sonst gleichen Bedingungen wie in Beispiel 4.1. Diesmal wurde eine Anreicherung des CO auf etwa 50% des ursprünglichen Wertes beobachtet.

#### Beispiel 4.3

55 Diesmal wurden 12 g des in Beispiel 3 hergestellten Trägerkatalysators verwendet. Die Durchführung erfolgte unter gleichen Bedingungen wie im Beispiel 4.1. Nach dem Passieren der Katalysatorschüttung war der CO-Gehalt der Luft auf nur noch etwa 30% des Ausgangswertes abgesenkt.

### Patentansprüche

65 1. Verfahren zur Herstellung von Trägerkatalysatoren zur Oxidation von CO bei Temperaturen unterhalb von etwa  $50^\circ\text{C}$ , dadurch gekennzeichnet, daß man ein  $Fe_2O_3$ -enthaltendes, poröses keramisches

## Trägermaterial

a) mit einer Lösung einer Goldverbindung tränkt oder mit der Suspension einer Goldverbindung beschichtet und anschließend gewünschtenfalls trocknet und 5  
 b) das eine Goldverbindung enthaltende Trägermaterial bei einer Temperatur von mindestens 200°C calciniert,  
 mit der Maßgabe, daß man die Goldverbindung in einer solchen Menge auf das Material aufbringt, 10 daß der Gehalt an Gold, bezogen auf das Gesamtgewicht des fertigen Trägerkatalysators, zwischen etwa 0,01 Gew.-% und etwa 15 Gew.-%, vorzugsweise zwischen etwa 0,05 und 4, insbesondere zwischen etwa 0,1 bis 1 Gew.-% beträgt.  
 2. Verfahren gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß man das Trägermaterial in Stufe a) zusätzlich mit einer Eisenverbindung tränkt oder mit der Suspension einer Eisenverbindung beschichtet. 20  
 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß man als Träger ein poröses Material verwendet, welches im wesentlichen aus  $Fe_2O_3$  besteht.  
 4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß man das Trägermaterial mit einer Lösung einer Goldverbindung und einer Lösung einer Eisenverbindung, vorzugsweise mit einer, sowohl eine Goldverbindung als auch eine Eisenverbindung enthaltenden Lösung tränkt. 25  
 5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß man als Goldverbindung anorganische Goldsalze, vorzugsweise Goldkationen enthaltende Halogenide insbesondere Goldtrichlorid, oder solche Goldverbindungen verwendet, die das Gold in Form komplexer Anionen enthalten, vorzugsweise Halogenogoldsäuren oder die entsprechenden Alkalialze, insbesondere Tetrachlorogoldsäure-Tetrahydrat. 30  
 6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß man als Eisenverbindung anorganische Eisensalze, insbesondere Eisennitrat, verwendet. 40  
 7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß man in Stufe a) das mit der Goldverbindung getränkte Material, gewünschtenfalls nach Trocknung, mit einer Base kontaktiert. 45  
 8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß man als Base basische Alkali- oder Ammoniumverbindungen, vorzugsweise Ammoniumverbindungen, insbesondere bevorzugt Ammoniumcarbonat verwendet. 50  
 9. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, daß man das Kontaktieren mit der Base bei Temperaturen von etwa 20 bis etwa 80°C durchführt. 55  
 10. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß solche Mengen an Gold- und Eisenverbindungen eingesetzt werden, welche einem Atomverhältnis von Gold zu Eisen von 1 : 999 bis 1 : 4, vorzugsweise von 1 : 99 bis 1 : 9 entsprechen. 60  
 11. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß man bei einer Temperatur von etwa 200°C bis etwa 500°C calciniert. 65  
 12. Trägerkatalysatoren, erhältlich nach einem Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 11.  
 13. Verfahren zur katalytischen CO-Oxidation bei

Temperaturen unterhalb von etwa 50°C, dadurch gekennzeichnet, daß man ein CO und Sauerstoff enthaltendes Gasgemisch über einen, nach dem Verfahren der Ansprüche 1 bis 11 erhältlichen Trägerkatalysator leitet.

14. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß man als Gasgemisch feuchte Luft einsetzt.